



**COPPE/UFRJ**

**Laboratório de Redes de Alta Velocidade -- RAVEL**

---

**Redes Digitais de Serviços Integrados**

**Luís Felipe Magalhães de Moraes -- Coordenador**

**Guilherme de Melo Batista Domingues**

---

**Relatório Técnico Ravel/01-96**

**14/10/96**

## 1 ) Transmissão digital:

Um sinal será considerado analógico quando puder ser representado através de uma variável que possua como domínio um espectro de valores contínuos. Quando a variável que representa o sinal puder assumir somente um conjunto finito de valores, este será dito como sendo digital. Neste caso, o sinal poderá ser representado através de uma sequência de dígitos binários.

Um sinal é composto por um conjunto de componentes denominados por harmônicos. Os harmônicos compõem o seu espectro de frequências, através do qual a sua energia total estará distribuída. Os meios de transmissão atuam como filtros, de forma a que os harmônicos que se situam fora da banda passante do meio sofram atenuações. Tal fato distorce o sinal original durante a sua propagação.

Quando deseja-se transmitir sinais digitais, gera-se um conjunto de pulsos de mesma duração cujas amplitudes assumem apenas dois valores, cada qual representando um dígito diferente. Quanto maior for a taxa de transmissão, maior será o primeiro harmônico gerado, o que implicará na necessidade de se utilizar um meio que possua maior banda passante.

Um sinal digital pode ser modulado. Isto implica em se poder deslocar o espectro de frequências original do sinal. Tal fato poderá ser conseguido alterando-se a amplitude, a frequência ou a fase de uma onda eletromagnética através dos dígitos que representam o sinal.

Para que dois sinais digitais compartilhem um mesmo meio de transmissão, pode-se filtrá-los e modulá-los, de forma a que seus espectros sejam deslocados para regiões distintas. Neste caso, estará ocorrendo uma multiplexação na frequência ( *FDM - frequency division multiplexing* ). No entanto, um sinal não poderá ser enviado à taxa máxima de transmissão suportada pelo canal.

Quando se deseja transmitir à taxa máxima suportada pelo canal, os sinais serão enviados em banda básica. O tempo será subdividido em segmentos consecutivos de mesma duração, cada qual sendo ocupado de forma exclusiva por informação de algum dos sinais. Neste caso, estará ocorrendo uma multiplexação no tempo ( *TDM - time division multiplexing* ).

Um sinal analógico pode ser codificado sob a forma digital. A técnica mais conhecida para este procedimento é denominada por *PCM* ( *Pulse Code Modulation* ). Baseia-se no seguinte teorema : Se um sinal analógico é amostrado em intervalos consecutivos de mesma duração e a uma taxa duas vezes maior que o maior harmônico presente, as amostras conterão toda a informação.

Como exemplo podemos citar a codificação digital realizada sobre um sinal de voz, que é limitado por um filtro passa baixa em 4KHz. Serão necessárias 8000 amostras por segundo para capturar toda a informação que está sendo transmitida. Como cada amostra contém 8 bits, isto implicará em uma taxa constante de 64kbps após a codificação.

A principal vantagem concernente à transmissão digital constitui na possibilidade de se utilizar repetidores ao invés de amplificadores. A informação analógica recuperada por amplificadores introduz ruídos. Os repetidores conseguem restituir o sinal original sem que tal fato ocorra.

## **2 ) Estratégias de comutação:**

Em redes telefônicas, para que se proceda uma comunicação em tempo real, torna-se necessário reservar largura de faixa sobre os enlaces durante o estabelecimento das conexões. Circuitos físicos dedicados passam a ser comutados pelos nós intermediários da rede.

No entanto, a estratégia de comutação de circuitos é inapropriada para servir ao tráfego de dados. Como este tráfego é enviado à rede sob a forma de rajadas, os recursos de comunicação, por serem dedicados às conexões, são desperdiçados durante os intervalos em que os usuários permanecem em silêncio.

Desta forma, foi proposta uma estratégia de comutação na qual os nós intermediários comutam pacotes, ao invés de circuitos. Nesta estratégia, o tráfego enviado à rede é segmentado em blocos que possuem um tamanho máximo. Tais blocos são denominados por pacotes.

Quando dois pacotes desejam acessar, simultaneamente, o mesmo enlace de transmissão, ocorrerá um conflito. Desta forma, torna-se necessário dotar os nós intermediários da rede de capacidade de armazenamento, a fim de que se reduzam as perdas. Entretanto, tal fato provoca flutuações no retardo de propagação dos pacotes, dificultando o oferecimento dos serviços de transferência em tempo real.

Em redes que comutam pacotes, pode-se adotar duas estratégias para fins de encaminhamento da informação: a estratégia datagrama e a estratégia circuito virtual. Na estratégia datagrama, dois pacotes que possuem o mesmo destino e que sejam provenientes de um mesmo usuário poderão ser encaminhados de forma diferente pela rede, ao passo que, na estratégia circuito virtual, ambos deverão seguir a mesma rota.

A estratégia datagrama poderá ocasionar a entrega de pacotes no receptor em uma ordem completamente diferente daquela na qual os pacotes foram gerados pelo transmissor. Na estratégia circuito virtual, isto não ocorre, o que implica em que a rede seja orientada a conexão. Evita-se, assim, que sejam utilizados algoritmos pesados de reordenação nos receptores.

### 3 ) Redes Digitais de Serviços Integrados:

Em 1984, com posterior complementação em 1988, o CCITT publicou um conjunto de normas relativas a uma rede digital de serviços integrados (*Integrated Service Digital Network - ISDN*). Tal rede se destinava a prover suporte, em ambiente digital integrado, para um conjunto de aplicações que eram vigentes à época (voz, dados e facsímile). Sua padronização foi normalizada através de um conjunto de recomendações, denominadas por série I.

<b>Recomendações</b>	<b>Descrição</b>
I.100	Aspectos Gerais
I.200	Descrição dos Serviços
I.300	Aspectos da Rede
I.400	Interface com o Usuário
I.500	Interface com outras Redes
I.600	Princípios de Gerenciamento

O acesso básico seria constituído por dois canais B e um canal D (2B + D), perfazendo um total de 144 Kbps, que, acrescido de informação de controle, chegaria a 192 Kbps. A informação gerada por um usuário seria transferida através dos canais B, enquanto que o canal D se destinaria a receber informação de sinalização.

Em 1990, o CCITT estendeu a série I de recomendações a fim de que se pudesse conceber a padronização de uma rede digital de serviços integrados faixa larga (B-ISDN - *Broadband Integrated Service Digital Network*). As novas recomendações foram escritas, levando-se em consideração os seguintes aspectos:

- A emergente demanda por larguras de faixa elevadas.
- A possibilidade da utilização de fibras óticas como meio de transmissão de altas velocidades.
- A possibilidade de se processar informação em altas velocidades nos elementos intermediários.
- A necessidade de integração de serviços iterativos e de distribuição em um mesmo ambiente.

Os serviços oferecidos por uma rede B-ISDN podem ser classificados qualitativamente, de acordo com o tipo de aplicação a que se dispõem a servir :

<b>Categorias Principais</b>	<b>Categorias Secundárias</b>
Serviços Iterativos:	Serviços Conversacionais Serviços de Recuperação Serviços de Mensagem
Serviços de Distribuição:	Com ordem de apresentação controlada pelo usuário receptor. Com ordem de apresentação não controlada pelo usuário receptor.

Serviços conversacionais provêm meios para que se possa proceder uma transferência em tempo real entre dois usuários, ao passo que os serviços de recuperação fornecem a facilidade para que se possa recuperar, em tempo real, a informação que está sendo armazenada em um local remoto.

Serviços de mensagem permitem que se estabeleça uma transferência assíncrona entre dois usuários, enquanto que os serviços de distribuição permitem que se realize a difusão da informação por vários assinantes. A apresentação do fluxo pode ou não ser controlada pelo usuário do serviço.

Os serviços oferecidos por uma rede B-ISDN também podem ser classificados baseados nas características quantitativas dos diversos fluxos de informação que são enviados à rede :

<b>Classes de Serviço</b>	<b>Especificação do Retardo Fim-a-Fim</b>	<b>Taxa Gerada</b>	<b>Conexão fim-a-fim</b>
A	Requerida	Constante	Orientado
B	Requerida	Variável	Orientado
C	Não Requerida	Variável	Orientado
D	Não Requerida	Variável	Não Orientado

A classe A de serviço é voltada para tráfegos que são enviados a uma taxa constante e que necessitam ser transferidos em tempo real, ao passo que a classe B de serviço é voltada para tráfegos que são enviados a taxas variáveis, mas que possuem requisitos de transferência em tempo real. As classes C e D de serviço são voltadas para tráfegos que não possuem requisitos de transferência em tempo real e que portanto, são passíveis de serem enviados a taxas que flutuam.

Tal classificação permite que se decida, de forma mais adequada, sobre a estrutura de acesso que deve ser oferecida. Decidiu-se padronizar os seguintes acessos:

- *Full-duplex* 155.52 Mbps.
- Transferência 155.52 Mbps usuário-rede e 622.08 Mbps rede-usuário.
- *Full-duplex* 622.08 Mbps.

Um canal de 155.52 Mbps poderá certamente suportar quase todos os serviços conversacionais, de recuperação e de mensagem, além dos serviços faixa estreita. Dessa forma, um acesso *Full-duplex* 155.52 Mbps deverá ser o de maior contratação por parte dos usuários. Um acesso 155.52 Mbps usuário-rede e 622.08 Mbps rede-usuário torna-se interessante para o usuário de um serviço de distribuição, enquanto que um canal *Full-duplex* 622.08 Mbps será o mais apropriado para os provedores desses serviços.

A utilização de uma infra-estrutura baseada em uma rede que comuta circuitos tornou-se forte candidata, pois é adequada a tráfegos que precisam ser transferidos em tempo real. Porém, devido ao desperdício de recursos previsto ser bem considerável frente às altas velocidades envolvidas, tornou-se mais conveniente adotar a comutação de pacotes.

Decidiu-se subdividir a informação proveniente do usuário em pacotes que tivessem o menor tamanho possível de forma a que o seu tempo de permanência na rede fosse mínimo. Porém, como a comutação de pacotes necessita de informação adicional a ser inserida sob a forma de um cabeçalho, um pacote muito pequeno impactaria em uma grande utilização dos recursos de comunicação para a transferência de informação de controle, diminuindo a eficiência do modo de transferência.

Após algumas discussões, decidiu-se padronizar os pacotes em blocos compostos por 53 octetos, 48 perfazendo carga útil, enquanto que 5 compondo um cabeçalho. Este cabeçalho permite que a rede ofereça um conjunto de funcionalidades através de um modo de transferência que é baseado em circuitos virtuais. Este modo de transferência foi denominado por ATM ( *Asynchronous Transfer Mode* ).

#### **4 ) Bibliografia:**

- [ 1 ] R. Handel, M. N. Huber, "Integrated Broadband Networks - An Introduction to ATM-Based Networks", Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
- [ 2 ] M. de Prycker, "Asynchronous Transfer Mode - Solutions for Broadband ISDN", Ellis Horwood, 2ª Edição, 1993.
- [ 3 ] B.G.Lee, M.Kang, J.Lee, "Broadband Telecommunications Technology", Artech House, 1993.
- [ 4 ] R. O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks - Performance Issues", Artech House Inc., 1994.
- [ 5 ] W. Stallings, "ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM", Prentice Hall, 3ª Edição, 1995.
- [ 6 ] J.G.Proakis, "Digital Communications", McGraw-Hill, 3ª Edição, 1995.
- [ 7 ] M. de Prycker, "Evolution from ISDN to BISDN: A Logical Step towards ATM", Computer Communications, Vol.12, N° 3, Junho 1989.
- [ 8 ] K.Thilakam, A.Jhunhunwala, "Proposed High Speed Packet Switch for Broadband Integrated Networks", Computer Communications, Vol. 12, N° 6, Dezembro 1989.
- [ 9 ] D.B.Hehmann, M.G.Salmony, H.J.Stuttgen, "Transport Services for Multimedia Applications On Broadband Networks", Computer Communications, Vol. 13, N° 4, Maio 1990.
- [ 10 ] N.Naffah, "Multimedia Applications", Computer Communications, Vol 13, N° 4, Maio 1990.
- [ 11 ] C.S.Cooper, "High-Speed Networks: The Emergence of technologies for multiservice support", Computer Communications, Janeiro-Fevereiro, Vol.14, N° 1, 1991.
- [ 12 ] E.D.Sykas, K.M.Vlacos, M.J.Hillyard, "Overview of ATM Networks Functions and Procedures", Computer Communications, Vol.14, N° 10, Dezembro 1991.

- [ 13 ] S. B. Weinstein, "Telecommunications in the coming decades", IEEE Spectrum, Novembro 1987.
- [ 14 ] J. E. Berthold, "High Speed Integrated Eletronics for Communications Systems", Proceedings of the IEEE, Vol. 78, N° 3, Março 1990.
- [ 15 ] S. Kano, K. Kitami, M. Kawarasaki, "ISDN Standardization", Proceedings of the IEEE, Fevereiro 1991.
- [ 16 ] R.Handel, "Evolution of ISDN Towards Broadband ISDN", IEEE Network, Janeiro 1989.
- [ 17 ] M.J.Rider, "Protocols for ATM Access Networks", IEEE Network, Janeiro 1989.
- [ 18 ] W.R.Byrne, T.A.Kilm, B.L.Nelson, M.D.Soneru, "Broadband ISDN Technology and Architecture", IEEE Network, Janeiro 1989.
- [ 19 ] S. Yoneda, "Broadband ISDN ATM Layer Management: Operations, Administration, and Maintenance Considerations", IEEE Network, Maio 1990.
- [ 20 ] M.A.Rodrigues, "Evaluating Performance of High-Speed Multiaccess Networks", IEEE Network, Maio 1990.
- [ 21 ] C.T.Lea, "What Should Be the Goal for ATM", IEEE Network, Setembro 1992.
- [ 22 ] A.G.Fraser, "Early Experiments with Asynchronous Time Division Networks", IEEE Network, Janeiro 1993.
- [ 23 ] D.R.Irvin, "Making Broadband-ISDN Successful", IEEE Network, Janeiro 1993.
- [ 24 ] S.Srinivasan, "A Comparative Study of National ISDN versus International ISDN Installations and Tariffs", IEEE Network, Maio/Junho 1995.
- [ 25 ] N.Kavak, "Data Communication in ATM Networks", IEEE Network, Maio/Junho, 1995.

- [ 26 ] S.E.Minzer, D.R.Spears, "New Directions in Signaling for Broadband ISDN", IEEE Communications, Fevereiro 1989.
- [ 27 ] S.E.Minzer, "Broadband ISDN and Asynchronous Transfer Mode (ATM)", IEEE Communications, Setembro 1989.
- [ 28 ] D.Morgan, M. Lach, R. Bushnell, "ISDN as an Enabler for Enterprise Integration", IEEE Communications, Abril 1990.
- [ 29 ] M.Frame, "Broadband Service Needs", IEEE Communications, Abril 1990.
- [ 30 ] K.Murano, K.Murakami, E.Iwabuchi, T.Katsuki, H.Ogasawara, "Technologies Towards Broadband ISDN", IEEE Communications, Abril 1990.
- [ 31 ] L.Kleinrock, "The Latency/Bandwidth Tradeoff in Gigabit Networks", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 32 ] C.E.Callet, "In Search of Gigabit Applications", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 33 ] N.K.Cheung, "The Infrastructure for Gigabit Computer Networks", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 34 ] J.A.McEachern, "Gigabit Networking on the Public Transmission Network", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 35 ] J.B.Lyles, D.C.Swinhart, "The Emerging Gigabit Environment and the Role of Local ATM", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 36 ] H.T.Kung, "Gigabit Local Area Networks: A Systems Perspective", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 37 ] P.Newman, "ATM Technology for Corporate Networks", IEEE Communications, Abril 1992.
- [ 38 ] N.Natarajan, G.Slowsky, "A Framework Architecture for Information Networks", IEEE Communications, Abril 1992.

[ 39 ] M.P.Vecchi, "Broadband Networks and Services: Architecture and Control", IEEE Communications, Agosto 1995.

[ 40 ] D.Deloddere, "Evolution of a Narrowband Exchange Toward Broadband", IEEE Communications, Novembre 1995.

[ 41 ] J. B. Kim, T. Suda, M. Yoshimura, "International Standardization of B-ISDN", Computer Networks and ISDN Systems,1994.

[ 42 ] J. Y. Boudec, "The Asynchronous Transfer Mode: a tutorial", Computer Networks and ISDN Systems, Vol 27, N° 1, Outubro 1992.